

学校编码: 10384
学号: X2005223026

分类号 TP206+3 密级 _____
UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

结合蚁群算法的遗传算法
配电网故障诊断分析

Analysis of Genetic Algorithm and Ant Algorithm
in power system fault diagnosis

王 雅 芳

指导教师姓名: 罗 键 教授
洪群青 高工

专 业 名 称: 控 制 工 程

论文提交日期: 2007 年 10 月

论文答辩时间: 2008 年 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2007 年 10 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

2007 年 10 月 26 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版,有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅,有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索,有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密 (), 在 年解密后适用本授权书。
2. 不保密 ()

(请在以上相应括号内打“√”)

作者签名: 日期: 年 月 日

导师签名: 日期: 年 月 日

摘 要

电力系统发展迅速，自动化程度越来越高，而系统结构复杂、高负荷、大功率连续运转等因素，在复杂电网中，不可避免会由于微小扰动触发故障，电力系统连锁故障会导致电网大面积崩溃的灾难性后果。及时发现故障和预测故障的技术为提高设备运行的安全性、可靠性提供有效途径，常见模型故障诊断方法有参数估计法如 ARMA 模型，状态估计法等，需要较多先验知识。模糊专家系统、神经网络等是基于浅知识和深知识相结合的研究方法，故障诊断向智能化方向得到进一步发展，出现了小波分析、分形几何、数据融合、遗传算法等，分析常见的故障诊断方法的特点，故障形成因素众多，传统故障诊断方法已较难满足现代设备要求。

为了实现故障的全面预测搜索分析，本文提出了在配电网故障分析前阶段，用遗传算法全局搜索能力快速形成初始解，将遗传算法得到的结果转化为蚁群算法所需的信息素，以快速形成最优解的方法。

由于遗传算法可以发现最优解，在实际应用过程中存在未成熟收敛、收敛于局部最优解、收敛速度慢等问题。传统的遗传算法要提高收敛速度，就需要提高搜索效率，改善寻优性能，从而加速收敛，蚁群算法在这方面有其优势，可有效压缩搜索空间，提高搜索效率，这可使改进的遗传算法渐收于最优解。本文在遗传算法和蚁群算法知识基础上，结合混合算法可使收敛提高搜索速度的优势，研究如何通过两者实现故障诊断的可能性进行分析，在寻找蚁群算法和遗传算法的相结合应用于故障诊断分析中的切入点，分析结合蚁群算法和遗传算法进行故障诊断分析的实际应用意义。

关键词：故障诊断；遗传算法；蚁群算法

ABSTRACT

The rapid development of the power system, the increasing degree of automation, and system structure complex, high-load, high-power continuous operation, and other factors, in a complex network, due to small disturbance will inevitably trigger failure of the power system fault chain large area will lead to the collapse of the power grid disastrous consequences. Timely detection of fault and fault prediction technology equipment to enhance the safety, reliability provide an effective way. Common model fault diagnosis method as a parameter estimation method ARMA model, state estimation method, and so on, need more prior knowledge. Fuzzy expert system, neural network and other knowledge is based on shallow and deep knowledge of combining research methods, the direction of intelligent fault diagnosis to be further developed, such as a wavelet analysis, fractal geometry, data fusion, genetic algorithm. Fault diagnosis of common method of characteristics, fault formation of numerous factors, the traditional method of fault diagnosis has been difficult to meet the requirements of modern equipment.

In order to achieve a comprehensive forecast search, fault analysis presented in this paper distribution network fault analysis in the prestage, using genetic algorithms global search capability rapidly initial solution will be the result of genetic algorithms into ant colony algorithm of the information needed to rapidly optimal solution method.

Because genetic algorithm can find the optimal solution, in the practical application of the convergence process in the immature, converge to the optimal solution partial, slow convergence and other issues. Traditional genetic algorithms to improve the speed of convergence on the need to improve search efficiency and improve performance optimization, thus accelerating convergence, in this ant colony algorithm has its advantages, which can effectively reduce the search space and improve search efficiency, which will enable improved genetic algorithm gradually at the optimal solution.

In this paper, genetic algorithms and knowledge ant colony algorithm based on the combination of hybrid algorithm can improve the search speed of convergence advantages on how to achieve through a combination of fault diagnosis, and to find ant colony algorithm combining genetic algorithm applied to the analysis of fault diagnosis entry points. Combining ant colony algorithm analysis and fault diagnosis of genetic algorithm analysis of the practical application of significance.

Key words: Fault Diagnosis; Genetic algorithm; Ant Colony Algorithm

厦门大学博硕士论文摘要库

目 录

第一章 电力系统故障诊断的发展及现状·····	1
1.1 综述·····	1
1.2 电力系统故障诊断分析的研究方法及问题·····	2
1.3 本文研究的目的是主要内容·····	6
第二章 遗传算法·····	7
2.1 引言·····	7
2.2 遗传算法优化求解·····	9
2.3 遗传算法实施 ·····	12
2.4 遗传算法在电力系统中的应用举例 ·····	15
第三章 蚁群算法 ·····	22
3.1 蚁群算法的由来 ·····	22
3.2 蚁群算法的仿真和实现 ·····	24
3.3 电力系统蚁群算法应用综述 ·····	25
3.4 基本蚁群算法思路 ·····	25
第四章 结合蚁群算法的改进遗传算法分析·····	35
4.1 算例比较及算法的局限性 ·····	35
4.2 自适应的信息素更新策略 ·····	38
4.3 遗传算法和蚁群算法的改进与衔接 ·····	40
第五章 结合蚁群算法的改进遗传算法的电力系统故障诊断分析应用 ·····	45
5.1 结合蚁群算法的改进遗传算法的特点 ·····	45
5.2 故障反应的机理 ·····	46

5.3 改进算法电力系统故障诊断算例分析 51

结束语55

参考文献56

致谢57

附录一58

附录二59

厦门大学博士论文摘要库

Table of Contents

Chapter One Development and the status quo of power system fault diagnosis	1
1.1 Summary.....	1
1.2 Power System Analysis and Fault Diagnosis of the problems.....	2
1.3 The purpose of the study and the main contents of this paper...	6
Chapter Two Genetic Algorithm.....	7
2.1 Introduction.....	7
2.2 Genetic Algorithm optimization problem solving.....	9
2.3 The implementation of Genetic Algorithms.....	12
2.4 Genetic Algorithms in Power System Application for example.....	15
Chapter Three Ant Algorithm.....	22
3.1 The origin of ant colony algorithm.....	22
3.2 The ant colony algorithm simulation and achieve.....	24
3.3 Ant Algorithm application of the power system.....	25
3.4 Basic ideas of ant colony algorithm.....	25
Chapter Four Improved Genetic Algorithm analysis with Ant Algorithm	35
4.1 Algorithm comparison and examples of the limitations.....	35
4.2 Adaptive pheromone update strategy.....	38
4.3 Genetic Algorithm and Ant Algorithm improvement and convergence.....	40

Chapter Five Ant colony algorithm with the improved genetic algorithm of power system fault diagnosis and analysis application.....	45
5.1 Characteristics of Ant colony algorithm with the improved genetic algorithm.....	45
5.2 Fault reaction mechanism.....	46
5.3 Improved algorithm for the Power System Fault Diagnosis examp -le	51
Concluding remarks	55
References	56
Thanks	57
Appendix One	58
Appendix Two	59

第一章 电力系统故障诊断的发展及现状

1.1 综述

电力关系国计民生，电力网就是一个社会的血脉或者神经，影响面极其广泛。2008 年的我国的突发大雪灾使电力工业暴露了电力网发展滞后、部分电力网结构薄弱、防风险能力不够等问题，特别要考虑到雨雪、冰冻、台风、高温、大雾、洪涝和地震等极端天气和地质灾害的影响，更要从加强应急抗风险能力的角度出发，兼顾经济合理性，使经济建设和社会生活各个方面的发展都能促进电力产业的发展。目前主要是对公用电网的控制，向各种用电负载提供优质的供电设备，设计中考虑各个方面，而一些细小的疏忽都可能导致整个电力网的崩溃，所以我们应充分认识到电力网保持稳定的重要性。

由于电力网本身的复杂性和许多现有求解方法的先天不足，使得故障诊断求解变得比较困难，经常无法得到令人满意的优化结果，制约了一些社会经济效益和服务质量的提高，因此，建立符合实际情况的合理的启发式求解方法显得愈发迫切。解决电力网的故障诊断问题已引起极大的重视，成为热点问题，多年来这个研究领域已取得了一些成果，但是至今为止未形成一套完整的理论体系和有效的诊断技术。绝大多数技术都是针对特定的故障、特定的设备来研究，目前设备故障诊断的研究都是根据故障的种类、特定的设备、特定的层次建立自己的设备故障诊断技术。这些理论和方法在实际中广泛应用的较少，即使在实际得到应用也没有一个完善的评价体系对其效果做出合理的评价。故障诊断技术是一个开放性课题，有必要建立一套完整的理论方法体系来指导设备故障诊断技术的研究。

故障诊断技术发展到今天，已形成了一门集数学、物理、化学、电子技术、计算机技术、通讯技术、信息处理、模式识别和人工智能等多学科交叉的综合性技术。由于它具有保障生产正常运行、防止突发事件、节约维修成本等显著特点，在现代化大生产中发挥着重要作用，越来越受到人们普遍重视。在我国，对于故障诊断问题的研究始于 20 世纪，远远落后于国外的研究水平，所以我们要在借鉴国外已有的研究成果基础上，比如用模拟退火算法、遗传算法、蚁群算法等，立足于解决实际问题、积极探索新问题的形式上，提出新的方法技术。

本文深入研究对比了遗传算法、蚁群算法，充分利用二者的特点，提出了采用遗传算法生成信息素分布，并利用蚁群算法求精确解的方式，这样得到的混合遗传算法就增强了算法的局部搜索能力，提高了算法的收敛能力，具有抗“早熟”能力强、收敛速度快和局部搜索能力高的特点，结合蚁群算法的改进遗传算法对故障诊断的问题的解决提供了一种有效途径，

增加了对故障判断的效率,有一些较好的解决实际问题的通用性,具有广泛的应用范围和一定的实用价值。

1.2 电力系统故障诊断分析的研究方法及问题

随着传感器技术、数据处理技术、人工智能技术、无线通信技术等相关技术的发展,故障诊断技术的发展趋势是传感器的精密化、多维化,诊断理论、诊断模型的多元化,诊断技术的智能化。成熟的技术将大量运用到国民经济建设和国防建设中,促进国家和军队的现代化建设。从目前的研究资料来看,今后故障诊断技术的发展方向可归纳如下:

1) 故障树分析法具有图文兼备、表达清晰、简明直观、可读性好等特点,在实际运用中效果明显。将模糊理论和灰色系统(黑匣子)引入故障树分析法,进一步分析故障发生的根本原因及概率,增强故障树分析法的指导性,使故障树分析法更加具有发展潜力。

2) 基于复合知识库的专家系统故障诊断方法把传统的专家经验与现代计算机数据管理巧妙结合,在许多领域有着广泛的应用。如何进一步提高专家系统的稳定性与可靠性、诊断精度与速度、专家知识的丰富程度和专家知识水平,把人工神经网络与专家系统相结合、将神经网络的自学习机制引入专家系统,提高专家系统的判断准确性,是今后研究的重点。

3) 将模糊理论、神经网络、小波分析、遗传算法、蚁群算法等有机结合起来,把最新传感技术、最新信号处理方法、多元传感器信息等与设备故障诊断与检测相融合,运用现代线形和非线性理论和智能方法,引入医学等相关学科的诊断思想,必将提高设备故障识别的准确性,是一个重要的发展方向。

4) 复杂设备的设计、制造、安装、使用以及维护等各个环节密不可分。进行设备故障诊断,必须考虑设备的结构特点、制造材料、故障检测的信号传输和处理等因素,把设备故障的检测、传输、诊断与修复融为一体,为快速修复故障设备奠定基础。

5) 致力于建立简单快捷的故障诊断操作平台、建立更加富有人性化的人机工作环境以提高故障诊断的效率,提高人们的设备故障管理意识,促进技术的应用和发展。

它可简单划分为传统的诊断方法、数学诊断方法及智能诊断方法等三大类。下面以典型技术为重点对各类诊断方法进行简要分析和说明^[1]。

1.2.1 传统的诊断方法

传统的诊断方法包括:振动监测技术、噪声监测技术、红外测温技术以及 γ 射线扫描技术等。其中, γ 射线扫描是一项用于工艺设备过程故障检测诊断的新技术,其优点明显、应用范围广阔。基本原理是运用 γ 射线在物质中的衰减服从 Lamber — Beer 指数规律,结合工

艺设备的特点对设备的扫描检测得到反映设备内介质密度变化关系的图谱，通过系统分析扫描图谱以确定设备故障，为故障修复提供依据。

1.2.2 数学诊断方法

数学诊断方法包括：基于线形和非线形判别函数的模式识别方法、基于概率统计的时序模型诊断方法、基于距离判据的故障诊断方法、模糊诊断原理、灰色系统诊断方法、故障树分析法、小波分析法以及混沌分析与分形几何法等。

1.2.2.1 故障树分析法

故障树分析法是一种图形演绎法，是故障事件在一定条件下的逻辑推理方法。其目的是判明基本故障，确定故障原因、影响和发生概率。它把系统不希望出现的事件作为故障树的顶事件，用规定的逻辑符号自上而下地分析导致顶事件发生的所有可能的直接因素，及其相互间的逻辑关系，并由此逐步深入分析，直到找出事故的基本原因，即故障树的底事件为止。这种方法可对故障进行定性与定量分析。作定性分析时，可以清楚地看出造成故障各种因素的因果关系，找出系统的薄弱环节，采取相应措施加以改善，以提高整体工作性能。作定量分析时，可以解决在一定条件下某种故障发生的概率，找出引起故障的主要因素，即基本事件，而这些因素对研究故障、预测故障发生起着重要作用。

1.2.2.2 小波分析

小波分析^[1]是一种信号的时间—尺度分析方法，它具有多分辨率分析的特点，在低频部分具有较高的频率分辨率和较低的时间分辨率，在高频部分具有较低的频率分辨率和较高的时间分辨率，很适合探测正常信号中夹带的瞬态反常现象并展示其成分，被誉为分析信号的显微镜。在实际设备故障诊断中，利用小波变换进行动态系统故障检测与诊断具有良好的效果：连续小波变换可以检测信号的奇异性，区分信号突变和噪声；离散小波变换可以检测随机信号频率结构的突变。其故障诊断机理是利用观测器信号的奇异性进行故障诊断，以及利用观测器信号频率结构的变化进行故障诊断。将小波理论与分形理论、小波分析与神经网络有机结合是提高故障诊断可靠性的重要方法之一。

1.2.3 智能诊断方法

智能诊断方法包括：模糊逻辑、专家系统、神经网络和进化计算方法等。

1.2.3.1 神经网络识别

神经网络识别包括人工神经网络识别和模糊神经网络识别。

人工神经网络在故障诊断中的应用研究包括以下几个方面：一是从预测角度应用神经网络作为动态预测模型进行故障预测；二是从模式识别角度应用神经网络作为分类器进行故障诊断；三是从知识处理角度建立基于神经网络的专家系统。

模糊神经网络技术是将模糊逻辑系统与神经网络相结合，其实质是对人脑结构和思维功能的双重模拟，即同时模拟大脑神经网络的“硬件”拓扑结构和模糊信息处理的“软件”功能。它充分吸收了模糊逻辑理论和神经网络技术的优点，既能处理专家知识和经验，又能通过自学习增强系统的判断能力。

1.2.3.2 基于人工智能的故障检测与诊断方法

专家系统是人工智能研究中的一个分支，对专家系统的定义尚无统一的定义。但一般可认为，专家系统是把由某一领域的专家们多年积累的经验归纳总结而形成的知识库和模拟人类判断推理过程的推理机结合起来，用以解决该领域实际问题的计算机软件系统。它能够解释自身的行为，对于有助于解决快速求解的经验具有自动积累和修正的能力。

专家系统诊断故障的过程是：

根据在线检测到的过程数据，也可由有关人员通过人机接口为数据库添加系统故障前或故障发生时观察到的一些可靠现象或事实，专家系统诊断程序在知识库和数据库的基础上，通过推理机制，综合利用各种规则，必要时还可随时调用各种应用程序，并在运行过程中向用户索取必要的信息后，就可以尽快、直接找到最终故障或最有可能的故障，再由用户来证实。在故障源确定后，根据原先建立的故障评价程序，对系统的未来作出预测和评价，并采用相应的专家决策。

1.2.3.3 基于模式识别的诊断方法

当过程模型未知或非常复杂时，可用模式识别方法解决故障诊断问题。

这种故障诊断方法的步骤是：

(1) 故障模式向量的形成：即选择能够表达系统故障状态的向量集。

(2) 特征向量的提取：由于故障模式向量中各参数的重要性不同，它们不一定相互独立，从中选择对故障状态最敏感的特征参数，构成特征向量集，也即构成了故障的基准模式集。

(3) 判别函数的形成：它是由特征向量以一定形式构成的，用于识别系统目前状态属于哪一个基准形式，即系统属于哪一种故障状态。所使用的判别方法主要有几何度量法；包括几何距离分离法、最大余旋分类法；贝叶斯概率统计分类法；密度函数分类法；聚类分类法等。

采用这种方式的前提是：必须有大量有关故障的先验知识，对新出现的故障此方法则无

能为力。实际待诊断的对象往往具有一定的不确定性和时变性，特征向量可能会随运行工况发生变化，因此也要求对故障特征向量集进行合理修正，因此必须通过自学习修正基准模式集，以实现故障诊断的鲁棒性。

1.2.3.4 基于模糊数学的诊断方法

有些生产过程，如化学、生化生产过程，某些状态是不分明的、不确定的。因此可用模糊集来描述，随之某些故障状态也是模糊的。诊断这类故障的一个有效方法是采用模糊聚类分析，将模糊集划分为不同水平的子集，借此判别故障属于哪一子集。另一种有效方法是首先建立故障集的模糊向量 S ，同时建立当前故障的模糊向量 D ，这两个模糊向量是通过一个模糊关系阵 R 的模糊方程 $S=Rx D$ 联系起来的，现已知 S 和 R ，则通过此模糊方程的反解，得到故障原因。

综上所述，直接测量输入、输出量方法虽然简单，但对某些系统来说，某些状态的发散并不能导致输出量的发散，例如在电站，锅炉过热器泄漏对泄漏管出口温度会产生影响，但减温水控制系统在自动方式下会掩盖泄漏对管道出口温度的影响。

基于状态估计的方法的基础是新息序列的产生，新息序列中包含了大量的系统运行信息和各种故障信息，对复杂系统，现有的方法计算量都太大。

基于人工智能的方法，一般只能解决事先存储好的故障现象，当遇到新问题、新情况时就无能为力了。

因此有必要进一步完善这些方法和探索新的检测与诊断方法。近年来，对人工神经网络(ANN)的研究非常活跃。在非线性系统辨识和控制方面取得了许多成果，进一步地将人工神经网络应用于故障检测与诊断不仅能丰富故障检测与诊断技术，而且可能解决目前用其它传统方法还不能解决的问题。

1.2.4 各种诊断方法的局限性

目前普遍存在的具体问题有：

1) 模糊理论、神经网络、小波分析、智能方法等研究热点主要停留在理论研究上，实际应用较少。

2) 搭建的故障诊断操作平台繁琐且可操作性差。应用在实际生产中既不便操作，也不便管理。

3) 许多设备故障诊断技术主要注重故障的诊断而没有考虑设备故障的修复，为后面的修复工作带来不便。

4) 企业对设备故障诊断的重视不够，追求短期效益，成熟的诊断技术应用于生产实际的较少。

1.3 本文研究的目的是主要内容

本文在广泛阅读国内外关于电力系统分析计算的文献后，基于遗传算法和蚁群算法原理提出了适合于电力系统故障诊断分析的混合算法研究。论文的主要内容包括以下几个方面：

1) 分析电力系统故障诊断的现状以及原有的方法等。

由于电力系统的复杂性及故障诊断现有方法的特点，对现有的环境和设备要求日益提高，在整体把握对分析的要求后，为后文设计基于遗传算法和蚁群算法的混合策略提供参考。

2) 分析了遗传算法和蚁群算法的由来，指出它们的优缺点。

基于系统的分析的特点，深刻理解遗传算法和蚁群算法的特点，以及两者的局限性，为后面设计故障诊断分析环境下的任务奠定基础。

3) 提出了基于遗传算法和蚁群算法融合的混合算法。

提出了为了实现故障的全面预测搜索分析，在配电网故障分析前阶段，用遗传算法全局搜索能力快速形成初始解，将遗传算法得到的结果转化为蚁群算法所需的信息素，以快速形成最优解的方法，能够提供比原有算法更好的性能。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库